

Elektrische Maschine mit Läuferkühlung und entsprechendes Kühlungsverfahren

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Läufervorrichtung mit einer Blechpaketanordnung, die über mehrere axiale Bohrungen zum Durchleiten eines Kühlmittels verfügt, und zwei Läuferdruckringen, zwischen denen die Blechpaketanordnung axial fixiert ist. Darüber hinaus betrifft die vorliegende Erfindung eine elektrische Maschine mit einer derartigen Läufervorrichtung sowie ein entsprechendes Verfahren zum Kühlen einer Läufervorrichtung.

Bei elektrischen Maschinen höherer Leistung ist häufig eine Läuferkühlung notwendig. Eine entsprechende elektrische Maschine ist beispielsweise aus dem Dokument US 2 610 992 bekannt. Die dort beschriebenen Ständer- und Läuferblechpakete weisen axial verlaufende Luftkühlkanäle auf.

Um die Lüftung in axialer Richtung gleichmäßiger auszuführen, kann eine beidseitige Belüftung des Läufers vorgesehen sein. In der deutschen Offenlegungsschrift DE 44 13 389 ist beispielsweise eine solche elektrische Maschine beschrieben. Sie besitzt zwei auf einer gemeinsamen Welle in axialem Abstand voneinander angeordnete Rotorblechpakete, zwei in entsprechendem Abstand voneinander angeordnete Statorblechpakete und eine Kühleinrichtung, die eine Luftfördereinrichtung sowie in axialer Richtung verlaufende Kühlkanäle aufweist. Letztere sind in Folge des axialen Abstands der Blechpakete je in zwei Abschnitte unterteilt und derart mit der Luftfördereinrichtung verbunden, dass die beiden Abschnitte jedes Kühlkanals in entgegengesetzter Richtung durchströmt werden. In dem Ringraum zwischen den Blechpaketen wird die Kühlluft aus einer axialen Richtung in eine radiale Richtung oder umgekehrt umgelenkt. Der axiale Abstand der Blechpakete ist dabei so gewählt, dass der im Ringraum zwischen den Blechpaketen für

die Kühlluft zur Verfügung stehende Strömungsquerschnitt etwa gleich der Summe der Strömungsquerschnitte aller in diesem Ringraum unmittelbar mündenden Kühlkanäle ist. Diese Art der gegenläufigen Kühlung ist jedoch sehr aufwändig.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Läufervorrichtung vorzuschlagen, die durch einen verhältnismäßig kostengünstigen Aufbau gegenläufig kühlbar ist. Ferner soll ein entsprechendes Kühlverfahren angegeben werden.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Läufervorrichtung mit einer Blechpaketanordnung, die über mehrere axiale Bohrungen zum Durchleiten eines Kühlmittels verfügt, und zwei Läuferdruckringen, zwischen denen die Blechpaketanordnung axial fixiert ist, wobei mindestens einer der beiden Läuferdruckringe zur gezielten Kühlmittelführung durch die axialen Bohrungen ausgestaltet ist.

Ferner ist erfindungsgemäß vorgesehen ein Verfahren zum Kühlen einer Läufervorrichtung mit einer Blechpaketanordnung, die über mehrere axiale Bohrungen zum Durchleiten eines Kühlmittels verfügt, und zwei Läuferdruckringen, zwischen denen die Blechpaketanordnung axial fixiert ist, durch Leiten des Kühlmittels durch die axialen Bohrungen, wobei das Kühlmittel mindestens eines der beiden Läuferdruckringe gezielt durch die axialen Bohrungen geführt wird.

In vorteilhafter Weise ist damit eine Trennung der Lufteintrittslöcher von den Luftaustrittslöchern der Läuferkühlführung bei einer gegenläufigen Kühlung verhältnismäßig kostengünstig zu erreichen. Der oder die Läuferdruckringe können nämlich in die Luftführungseinrichtung integriert werden.

Vorzugsweise sind die axialen Bohrungen durch mindestens eine der beiden Läuferdruckringe zu mehreren Gruppen zusammengefasst, so dass der Kühlmittelstrom durch die Bohrungen jeder

Gruppe im Wesentlichen gleich ist. Durch die Gruppierung der einzelnen Bohrungen wird die Kühlmittelströmung verbessert. Beispielsweise können in jeder Gruppe jeweils zwei, drei oder vier Bohrungen, aber auch beliebig mehr, zusammengefasst werden.

Die gezielte Kühlmittelführung kann ferner so ausgestaltet sein, dass die Bohrungen oder Gruppen von Bohrungen untereinander gegenläufig gekühlt werden. Dies führt zu einer gleichmäßigeren Kühlung des Läufers in axialer Richtung.

Des Weiteren können an vorgegebenen Kanten des mindestens einen Läuferdruckrings Radien zur Verbesserung der Kühlmittelströmung angebracht, insbesondere angegossen, werden.

Bei einer besonders vorteilhaften Ausführungsform kann der mindestens eine Läuferdruckring als Lüfter ausgestaltet sein. Damit besitzt der Läuferdruckring die dreifache Funktionalität: Zusammenpressen des Blechpakets, Führen des Kühlmittelstroms und Fördern des Kühlmittelstroms. Dabei ist es weiter von Vorteil, wenn der mindestens eine Läuferdruckring einstückig ausgeführt ist. Somit entstehen keine hohen Herstellungskosten des Läuferdruckrings aufgrund vieler Einzelteile, Schweiß- oder Lötvorgänge. Wird der mindestens eine Läuferdruckring darüber hinaus aus Sphäroguss gefertigt, so führt dies gegenüber herkömmlichen Lösungen zu Gewichtsvorteilen.

Zwei Läuferdruckringe ähnlicher Gestalt können auf einer gemeinsamen Achse um eine Bohrung oder eine Gruppe von Bohrungen in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sein. Dadurch kann eine gegenläufige Kühlung mit geringem Kostenaufwand erzielt werden.

Vorzugsweise wird eine elektrische Maschine und insbesondere ein Elektromotor mit der geschilderten erfindungsgemäßen Läufervorrichtung ausgestattet.

Die vorliegende Erfindung wird nun anhand der beigefügten Zeichnungen näher erläutert, in denen zeigen:

- FIG 1 eine Draufsicht auf einen erfindungsgemäßen Läuferdruckring;
- FIG 2 einen Schnitt A - A durch den Läuferdruckring von FIG 1;
- FIG 3 einen Querschnitt B - B durch den Läuferdruckring von FIG 2;
- FIG 4 eine Teilquerschnittsansicht durch eine elektrische Maschine mit erfindungsgemäßer Läuferkühlung;
- FIG 5 eine Draufsicht auf einen Läuferdruckring, der das Gegenstück zu dem Ring gemäß FIG 1 darstellt;
- FIG 6 einen Schnitt A - A durch den Läuferdruckring von FIG 5 und
- FIG 7 einen Querschnitt B - B durch den Läuferdruckring von FIG 6.

Die nachfolgend näher beschriebenen Ausführungsbeispiele stellen bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung dar.

Erfindungsgemäß besitzt der Läuferdruckring eine zusätzliche Funktionalität, nämlich die der Kühlmittelführung durch die axialen Bohrungen des Läufers. Ein entsprechend gestalteter Läuferdruckring 1 ist in FIG 1 in seiner Draufsicht dargestellt. An seinem Umfang sind fünf dreieckförmige Kühlmitteldurchführungen 2 angeordnet. In diesen Kühlmitteldurchlässen 2 sind jeweils drei Bohrungen 3 mit Strichpunktlinie angedeutet, die sich in einem hinter dem Läuferdruckring 1 angeordneten, nicht dargestellten Läufer befinden. Durch die dreieckförmige Durchführung 2 werden somit jeweils drei Löcher bzw. Bohrungen 3 zu einer Lochgruppe zusammengefasst.

In FIG 2 ist die Kühlmitteldurchführung 2 im Querschnitt dargestellt. Daraus ist ferner ersichtlich, dass die Kontur der Kühlmitteldurchführung 2 in radialer Richtung schräg ver-

läuft. Der Grund hierfür liegt darin, dass aus Gründen der Strömungstechnik ein radial schräg nach außen verlaufender Strömungskanal für das Kühlmittel vorgesehen wird, wie dies näher in Zusammenhang mit FIG 4 erläutert wird.

In Umfangsrichtung zwischen zwei Kühlmitteldurchführungen 2 befinden sich in dem Läuferdruckring 1 jeweils drei Bohrungen 4. Diese dienen zum Kühlmittleintritt, wenn die Bohrungen 3 der Kühlmitteldurchführung 2 zum Kühlmittelaustritt aus dem Läufer dienen. Wie in FIG 2 dargestellt ist, befinden sich vor den Bohrungen (bezogen auf die Blickrichtung von FIG 1) jeweils schräg verlaufende Kühlmittelführungswände 5, die die Bohrungen 4 verdecken. Die schräg verlaufende Kontur der Kühlmittelführungswand 5 ist hinsichtlich der Strömung beim Kühlmittleintritt optimiert.

Im Zentrum des Läuferdruckrings befindet sich eine Bohrung 6, die zur Aufnahme einer Welle der elektrischen Maschine dient.

In FIG 3 ist ein Querschnitt des Läuferdruckrings 1 entlang des Schnitts B - B von FIG 2 dargestellt. Darin sind nun die Kühlmittelführungen 2 im Schnitt deutlich zu erkennen. Da die Bohrungen 4 in dieser Ansicht unmittelbar zu sehen sind, sind sie mit durchgezogener Linie wiedergegeben. Die Bohrungen im dahinterliegenden Läufer sind wiederum mit Strichpunktlinien angedeutet.

Anhand von FIG 4 kann die Wirkungsweise des Läuferdruckrings 1 näher erklärt werden. Der Läuferdruckring 1 ist auf einer Welle 7 angeordnet und hält ein Läuferblechpaket 8 zusammen. In dem Läuferblechpaket 8 befinden sich die Bohrungen 3 (untere Hälfte von FIG 4), die in FIG 1 angedeutet sind und mit der Kühlmitteldurchführung 2 in Verbindung stehen. Das Kühlmittel wird gemäß den wiedergegebenen Pfeilen aus den Bohrungen 3 durch die Kühlmitteldurchführung 2 in eine statische Luftaustrittsöffnung 9 befördert. Ein kegelstumpfförmiges Führungselement 10 lenkt den Kühlmittelstrom von der Kühlmittel-

teldurchführung 2 in die Luft- bzw. Kühlmittelaustrittsöffnung 9.

An der radial gegenüberliegenden Seite des Läufers (obere Hälfte von FIG 4) befinden sich Bohrungen 3', die mit den Bohrungen 4 des Läuferdruckrings 1 in Verbindung stehen. Über eine Kühlmittleintrittsdüse 11, die gegenüber dem Läufer still steht, und der Kühlmittelführungswand 5 des Läuferdruckrings 1 wird das Kühlmittel wiederum entsprechend den Pfeilen in die Bohrungen 3' des Läufers geschickt.

An dem anderen Ende des Läuferblechpakets 8, das in FIG 4 nicht dargestellt ist, befindet sich ebenfalls ein Läuferdruckring mit ähnlicher Gestalt wie der eben beschriebene.

In FIG 5 ist ein derartiger Läuferdruckring ebenso wie FIG 1 in der Draufsicht dargestellt. In seiner Position in Umfangsrichtung ist er so dargestellt, wie er als Gegenstück zu dem Läuferdruckring von FIG 1 montiert werden würde. Dies bedeutet, dass die Bohrungen 104 des Läuferdruckringgegenstücks 101 mit den in FIG 1 angedeuteten Bohrungen 3 des Läufers in der Kühlmitteldurchführung 2 in Verbindung stehen. Ebenso kommunizieren die in den Kühlmitteldurchführungen 102 mittels Strichpunktlinie angedeuteten Bohrungen 3' mit den Bohrungen 4, die durch die Kühlmittelführungswände 5 des Läuferdruckrings 1 in FIG 1 verdeckt sind.

In FIG 6 ist der Schnitt A - A durch den Läuferdruckring 101 dargestellt. Der Schnitt ist gegenüber dem von FIG 1 jedoch um 36° versetzt. Das Schnittbild ist mit dem von FIG 2 identisch.

In FIG 7 ist wiederum ein Schnitt entlang der Linie B - B von FIG 6 dargestellt. Am Umfang verteilt sind auch hier Kühlmitteldurchführungen 102 in Dreiecksform erkennbar. Die Spitzen der Dreiecke weisen im Gegensatz zu den Dreiecken von FIG 3 nach innen. Diese Gestalt hat somit kaum eine Lüfterwirkung.

Zwischen den dreieckförmigen Kühlmitteldurchführungen 102 sind wiederum jeweils drei Bohrungen 104 angeordnet.

Da der Läuferdruckring 101 gegenüber dem Läuferdruckring 101 in Umfangrichtung um eine Lochgruppe, d. h. um drei Bohrungen versetzt ist, sind die Bohrungen 3' an ihrem einen Ende gemäß FIG 4 mit dem Kühlmittelleintritt und an ihrem anderen Ende mit dem Kühlmittelaustritt verbunden. Entsprechendes gilt für die Bohrungen 3 am Kühlmittelaustritt von FIG 4. Auf diese Weise kann eine gegenläufige Kühlung ohne hohen konstruktiven Aufwand erzielt werden.

Durch die Kühlmitteldurchführungen 2 ergibt sich eine sternförmige Gestalt des Läuferdruckrings 1. Hierdurch wird eine Lüfterwirkung erzielt, die das Kühlmittel in jeder Dreherichtung radial nach außen fördert.

Mit Hilfe der Kühlmitteldurchführungen 2 bzw. 102 können jedoch auch Lochgruppen mit zwei, vier oder mehr Löchern bzw. Bohrungen gebildet werden. Bei Lochgruppen mit zwei oder vier Bohrungen der gewählten Bohrungsanordnung können die Wände der Kühlmitteldurchführungen ebenfalls schräg nach außen ausgebildet werden, so dass sich zumindest in einer Drehrichtung ein Schaufelrad zur Kühlmittelförderung ergibt.

Zur Erzielung einer gegenläufigen Kühlung ist es jedoch nicht notwendig, dass die Löcher bzw. Bohrungen zu Gruppen zusammengefasst werden. Vielmehr kann hinter einer Kühlmitteldurchführung auch nur eine einzige Bohrung 3 im Läuferblechpaket 8 vorgesehen sein. Die Trennung der Kühlmittelströme erfolgt auch hier durch die Wände der Kühlmitteldurchführung 2 und die Kühlmittelführungswand 5.

Darüber hinaus ist die vorliegende Erfindung auch bei Läufern anwendbar, deren Kühlungsbohrungen in ein sowie drei oder mehr radial übereinander angeordneten Bohrungsreihen angeordnet sind.

Patentansprüche

1. Läufervorrichtung mit

- einer Blechpaketanordnung (8), die über mehrere axiale Bohrungen (3, 3') zum Durchleiten eines Kühlmittels verfügt, und
- zwei Läuferdruckringen (1, 101), zwischen denen die Blechpaketanordnung (8) axial fixiert ist,

d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s

- mindestens einer der beiden Läuferdruckringe (1, 101) zur gezielten Kühlmittelführung durch die axialen Bohrungen (3, 3') ausgestaltet ist.

2. Läufervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die axialen Bohrungen (3, 3') durch mindestens eine der beiden Läuferdruckringe (1, 101) zu mehreren Gruppen zusammengefasst sind, so dass der Kühlmittelstrom durch die Bohrungen (3, 3') einer Gruppe im Wesentlichen gleich ist.

3. Läufervorrichtung nach Anspruch 2, wobei in einer Gruppe jeweils zwei, drei oder vier Bohrungen (3, 3') zusammengefasst sind.

4. Läufervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Bohrungen (3, 3') oder Gruppen von Bohrungen (3, 3') untereinander gegenläufig kühlbar sind.

5. Läufervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei an vorgegebenen Kanten des mindestens einen Läuferdruckrings (1, 101) Radien zur Verbesserung der Kühlmittelströmung angebracht oder angegossen sind.

6. Läufervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Läuferdruckring (1) als Lüfter ausgestaltet ist.

7. Läufervorrichtung nach Anspruch 6, wobei der mindestens eine Läuferdruckring (1, 101) einstückig ausgeführt ist.

8. Läufervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der mindestens eine Läuferdruckring (1, 101) aus Sphäroguss gefertigt ist.

9. Läufervorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die beiden Läuferdruckringe (1) einen ähnlichen Aufbau besitzen und auf einer gemeinsamen Achse um eine Bohrung oder eine Gruppe von Bohrungen (3, 3') in Umfangsrichtung versetzt angeordnet sind.

10. Verfahren zum Kühlen einer Läufervorrichtung mit einer Blechpaketanordnung (8), die über mehrere axiale Bohrungen (3, 3') zum Durchleiten eines Kühlmittels verfügt, und zwei Läuferdruckringen (1, 101), zwischen denen die Blechpaketanordnung (8) axial fixiert ist, durch

- Leiten des Kühlmittels durch die axialen Bohrungen (3, 3')
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , d a s s
- das Kühlmittel mittels mindestens eines der beiden Läuferdruckringe (1, 101) gezielt durch die axialen Bohrungen (3, 3') geführt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei die axialen Bohrungen (3, 3') durch mindestens einen der beiden Läuferdruckringe (1, 101) zu mehreren Gruppen zusammengefasst sind, so dass das Kühlmittel durch die Bohrungen (3, 3') einer Gruppe jeweils im Wesentlichen gleich strömt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei in jeder Gruppe jeweils zwei, drei oder vier Bohrungen (3, 3') zusammengefasst sind.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 12, wobei die Bohrungen (3, 3') oder Gruppen von Bohrungen (3, 3') untereinander gegenläufig gekühlt werden.

10

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 10 bis 13, wobei das Kühlmittel durch den mindestens einen Läuferdruckring (1) aktiv gefördert wird.

15. Elektrische Maschine mit einer Läufervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

FIG 1

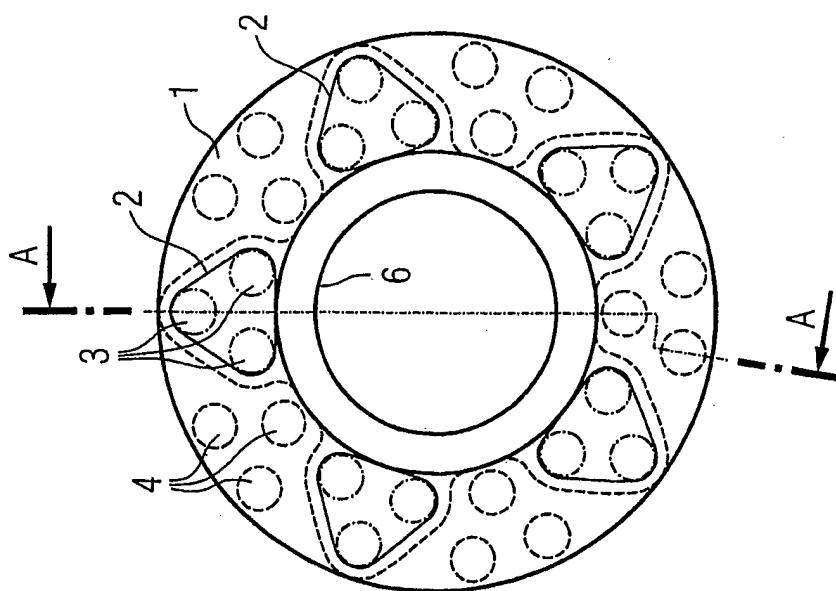


FIG 2

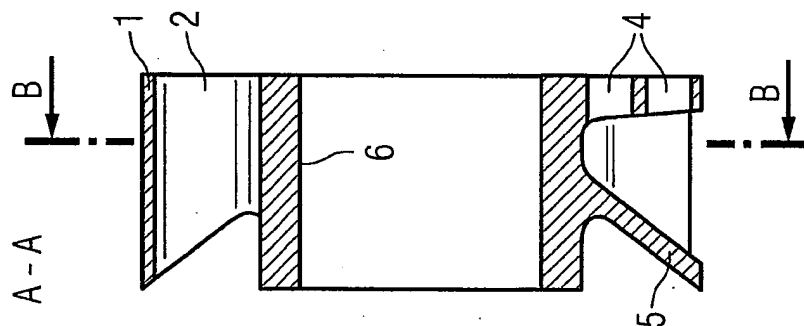


FIG 3

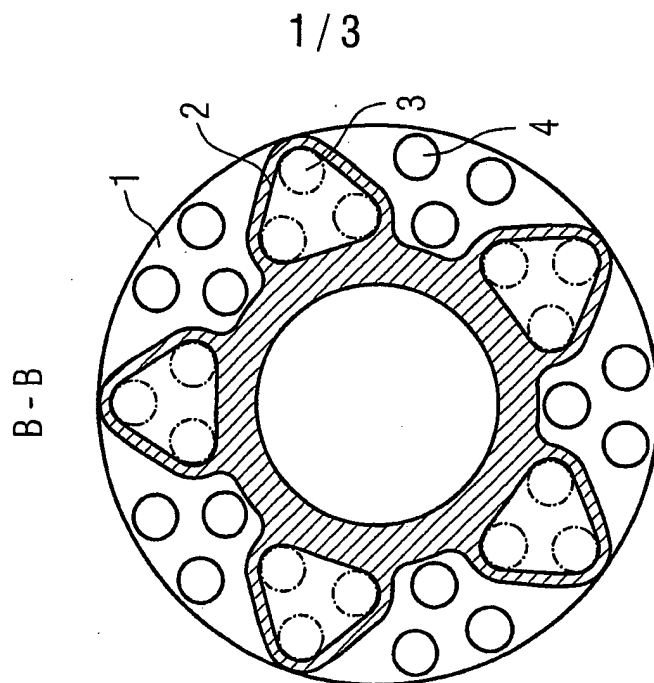
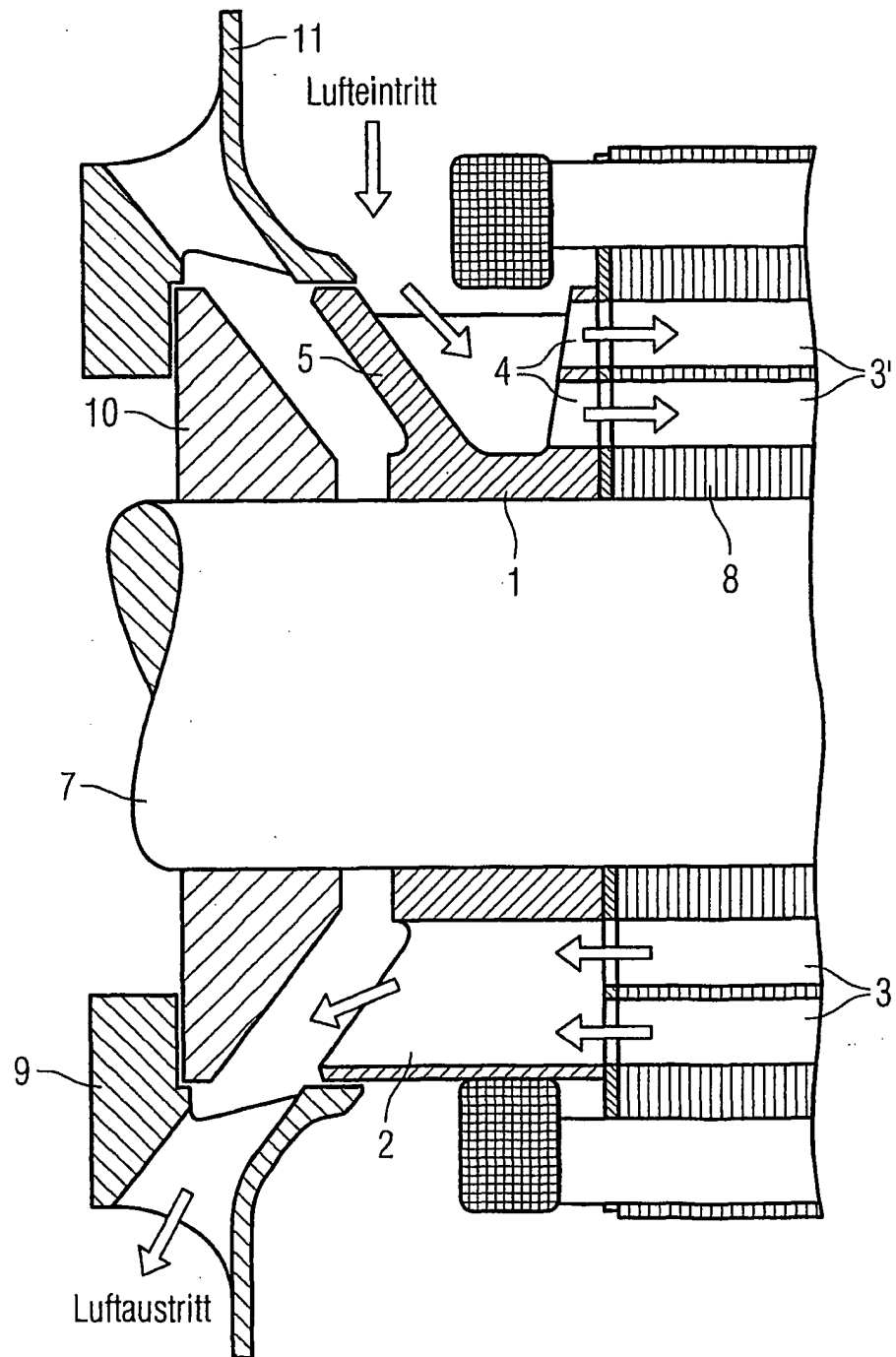


FIG 4



3 / 3

FIG 5

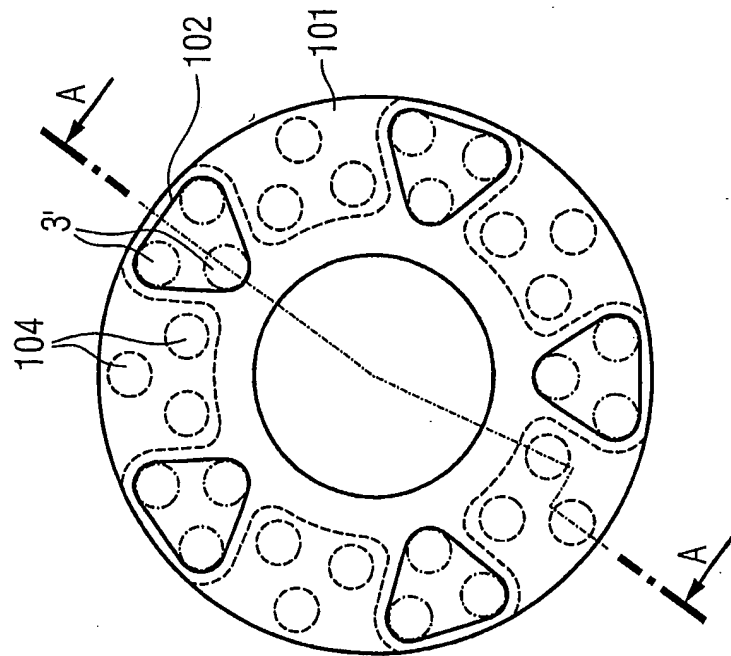


FIG 6

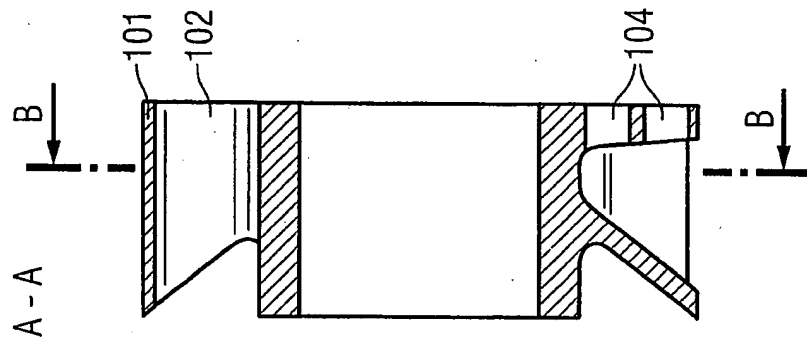


FIG 7

